

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO –
FACULDADE DE ENGENHARIA DE GUARATINGUETÁ - FEG/UNESP**

RODRIGO BARBOSA ROCHA

MODELO PARA DEFINIÇÃO DO KIT DE HORAS DE MONTAGEM DE AVIÕES

**GUARATINGUETÁ
2012**

RODRIGO BARBOSA ROCHA

MODELO PARA DEFINIÇÃO DO KIT DE HORAS DE MONTAGEM DE AVIÕES

Trabalho de conclusão de curso submetido à
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Filho – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá –
FEG/UNESP para obtenção de diploma de graduação
em Engenharia.

Orientador: Prof. Msc Bruno Chaves Franco

GUARATINGUETÁ
2012

R672m	Rocha, Rodrigo <u>Barbosa</u> Modelo para definição do kit de horas de montagem de aviões / Rodrigo Barbosa Rocha – <u>Guaratinguetá</u> : [s.n], 2012. 42 f. : il. Bibliografia: f. 34 Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012. Orientador: Prof. Dr. Bruno Chaves Franco 1. Aviões I. Título CDU 629.733
-------	---

MODELO PARA DEFINIÇÃO DO KIT DE HORAS DE MONTAGEM DE AVIÕES

RODRIGO BARBOSA ROCHA

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO
COMO PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

Prof. Dr. Francisco Alexandre de Oliveira
Coordenador

Banca examinadora:


Prof. Dr. Bruno Chaves Franco
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. Fernando Augusto Silva Martins
UNESP-FEG


Prof. Dr. Antônio Fernando Branco Costa
UNESP-FEG

Dezembro de 2012

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente aos meus pais que foi quem sempre me apoiaram e me deram todo o suporte desde a escolha do curso de Engenharia de Produção em 2006 e durante todo o período de estudo na universidade, em todos os problemas que tive, eles sempre me ajudaram.

Dedico também aos meus amigos, dos mais ausentes, mas não menos importantes, aos mais presentes durante esses anos. A minha namorada que foi uma companhia essencial durante todos esses anos.

Dedico a todos os professores que se fizeram presente durante minha vida acadêmica e que alguns destes são os grandes responsáveis por boa parte de tudo aquilo que aprendi até hoje.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais, José Cordeiro e Samira. Pois Sem eles e seu apoio incondicional, compreensão, dedicação e empenho para me manter na universidade não seria possível ter completado mais esse ciclo em minha vida.

Aos meus amigos ausentes, aos amigos mais presentes durante esse caminho, e que fizeram desses anos os melhores anos de minha vida e que sem eles, sem as festas e churrascos, nada disso teria feito sentido e principalmente aos amigos mais presentes durante esses anos, Thiago e Flávio.

A república seis de paus que me proporcionou uma maravilhosa experiência de vida e a todos os atuais moradores e ex-moradores que durante esse período, proporcionaram vários momentos de alegria.

A minha namorada, Nathalia, que- sempre esteve junta nos bons momentos e sempre- me apoiar nas horas difíceis e tornar essa parte da minha vida ainda melhor. Obrigado por seu o carinho.

Agradeço também ao meu orientador prof. Bruno Chaves Franco -pela oportunidade de realizar esse trabalho, pela sua confiança, dedicação e instrução para que este trabalho fosse concluído.

ROCHA, R. B. **Modelo para definição do kit de horas de montagem de aviões**. 2012. 39f. Monografia (Trabalho de conclusão de Curso de Engenharia de Produção Mecânica – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá).

RESUMO

Neste trabalho é proposto um modelo para definição do kit de horas de montagem de aviões, capaz de atender um *mix* de produção, atendendo tanto o avião com nível mais alto de complexidade quanto o avião de menor complexidade na montagem, com o objetivo de reduzir a ociosidade na linha de montagem, diminuir o tempo de processamento total dos aviões e diminuir a carga de trabalho entre os aviões.

O modelo proposto é capaz de reduzir o número de Homem/ hora necessário para a manufatura dos aviões, atendendo assim o objetivo do trabalho.

O modelo proposto apresentou grandes vantagens em relação ao modelo atual que a empresa vem usando, como por exemplo: sobra de mão-de-mão para montagem dos aviões apenas 10% do que o modelo atual gera e um gasto para pagar o recurso homem/hora de apenas 6,7% comparado com o modelo vigente na empresa.

Além disso, o modelo proposto teve uma média de 2 operadores ocioso enquanto que no modelo atual o número varia de 8 à 14 operadores.

PALAVRAS-CHAVE: Modelagem, Mix de produção, Flexibilidade de linha, Aviões.

ROCHA, R. B. **Model for definition of hours assembling airplanes.** 2012. 39f. Monograph (Term paper of Course of Industrial Engineering - College of Engineering of Guaratinguetá, São Paulo State University, Guaratinguetá).

ABSTRACT

This work was done a study to develop a model for definition of hours assembling planes, that were able to meet both the most complete plane, i.e. with the highest number of mounts but also that do not generate an idleness on the line when a plane less complex passing on the Assembly line. The proposed model has great advantages over the current model that the company has been using, as for example: leftover hand-to-hand for assembling airplanes only 10% than the current model raises and an expense to pay the human resource/time of only 6.7% compared with the current model at the company.

KEY WORDS: Modeling, Production Mix, Flexibility, Airplanes.

Lista de figuras

Figura 1– Fluxograma de etapas.....	12
Figura 2– Modelo de Pesquisa para Modelagem/Simulação	13
Figura 3- Gráfico de homem/hora	21
Figura 4 –Modelo Proposto	27

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Dados das Atividades	22
Tabela 2 - Dados Atividades com maior Homem/hora.....	23
Tabela 3 - :Verificação de Processos comuns para família dos aviões 190	24
Tabela 4 - Verificação de Processos comuns para família dos aviões 170	24
Tabela 5 - Modelo específico para esse mês estudado.....	25
Tabela 6 - Modelo Geral	26
Tabela 7 - Dados do Nivelamento Homem/hora real	28
Tabela 8 - Dados da Montagem.....	29
Tabela 9 - Comparação entre os Modelos para o mês 1	30
Tabela 10 - Comparação entre os Modelos para o mês 2	31
Tabela 11 - Comparação entre os Modelos para o mês 3	31
Tabela 12 - Comparação entre os Modelos para o mês 4	31

Sumário

1. Introdução	8
1.1 Objetivo da Pesquisa	10
1.2 Justificativa	10
1.3 Método de Pesquisa.....	11
1.4 Estrutura do trabalho	14
2 Revisão Bibliográfica.....	15
2.1 Planejamento e Controle da Capacidade.....	15
2.2 Definição e importância do Estudo de Tempos	15
2.3 Planejamento, Programação e Controle da Produção	18
2.4 Nivelamento da Produção.....	18
3 Modelagem	20
3.1. Coleta de dados	20
3.2 Formulação/Modelagem.....	20
3.3. Dedução/Análise	27
3.4. Interpretação/Inferência.....	29
3.5. Avaliação/Julgamento	30
4 Considerações Finais.....	33
4.1. Verificação dos objetivos	33
4.2 Sugestões para trabalhos futuros	34
REFERÊNCIAS.....	35

1.Introdução

Segundo Sergio e Duarte (2001) as estratégias das empresas têm sofrido grandes transformações nos últimos anos. Estas transformações são na verdade uma evolução natural no sentido de se adaptarem às mudanças de um mercado cada vez mais competitivo e exigente.

Segundo Benites e Valério (2004) em decorrência das transformações nas relações econômicas mundiais, a competitividade ganhou status de garantidora da existência das empresas no escopo competitivo. Com isso, as empresas passaram a gerir suas competências, adequando seus recursos, para geração e manutenção de vantagem competitiva, administrando a evolução de sua participação no setor, em níveis mundiais ou locais, onde atua.

O conceito de competitividade discutido atualmente segue, em sua maioria, a definição proposta por Michael Porter, importante ícone dos princípios fundamentais da competitividade. Diante da estrutura de mercado, as empresas assumem um comportamento, através de ações, onde são tomadas decisões estratégicas (ANDRIOLI, 2003).

Segundo Sergio e Duarte (2001), o aumento da variedade de produtos, a redução do ciclo de vida dos produtos e os clientes se tornando cada vez mais exigentes e conscientes de seus direitos, acabaram por provocar, no início dos anos 80, uma ineficiência muito grande dentro das empresas, principalmente nos setores de manufatura. As fábricas estavam em caos por terem de produzir uma grande quantidade de modelos, aumentando seus custos de logística, e seus custos com estoques de matérias primas, bens acabados e produtos em processo e, além disto, passaram a sofrer a obsolescência de produtos e equipamentos com uma velocidade jamais vista.

O mercado passa a exigir poder de escolha, o aumento da competição em circunstâncias de estagnação da economia forçam as empresas a se adaptarem rapidamente a esta nova situação, promover a flexibilidade é a única solução. A flexibilidade é o “amortecedor da operação” pois uma empresa opera num ambiente de incertezas de longo e curto prazo, com uma variedade enorme de condições sob as quais tem que atuar, sendo assim, a flexibilidade dá proteção permitindo que a operação não pare seu trabalho.

A flexibilidade representa também um meio para se atingir outros fins, tais como qualidade, custo, confiabilidade e velocidade. Melhora a confiabilidade pois ajuda a lidar com interrupções

inesperadas no fornecimento, problemas com entregas e problemas com mão de obra; os custos são melhorados com a melhor utilização dos equipamentos e recursos de uma maneira geral e; a empresa se torna mais rápida acelerando seu sistema de entregas e o desenvolvimento de novos produtos.

Stalk (1988) em seu artigo *Time – the next source of competitive advantage* considera o tempo como uma importante fonte de vantagem competitiva para as empresas em seus processos produtivos, na introdução e desenvolvimento de novos produtos e na distribuição e venda dos mesmos. Desta forma ele coloca o tempo como uma variável fundamental do desempenho dos negócios, ou seja, assim como o custo, o tempo também é quantificável e por isto administrável. As empresas devem estar estruturadas para produzirem respostas rápidas aos seus clientes, concentrando-se na eliminação de atrasos e conseguindo com isto atrair novos clientes. Aumentar a velocidade com que o fluxo de materiais e informações passa através de uma empresa, a torna mais enxuta e produtiva, além de aproximar as necessidades do cliente e a resposta da empresa dando maior satisfação ao consumidor e menor complexidade para a empresa.

A “produção enxuta” vem sendo utilizada nas organizações, principalmente na indústria da manufatura, o que tem estimulado estudos como os de Womack *et al.*(1992), Training & Development (1995), Shadur *et al.* (1995), Delery (1999). Implementada pioneiramente pela Toyota Motor Company no início da década de 1960, a produção enxuta foi desenvolvida como uma alternativa para a produção em massa, e envolve, entre outros fatores, a redução do desperdício, o aumento da qualidade dos produtos, um maior fluxo de informações e flexibilidade.

O fato concreto revelado pela intensidade das discussões e interesse pelo estudo da produção enxuta é que os métodos empregados promoveram muito mais do que ganhos de produtividade, refletindo grandemente sobre a competitividade e influenciando a estratégia empresarial das empresas que passaram a adotá-lo, principalmente porque estas conseguiram integrar de forma mais adequada a fabricação como parte da estratégia de negócios, e começaram a desfrutar dos resultados de relacionar o potencial e os recursos da empresa às oportunidades do mercado (SKINNER, 1976).

Enfim, a empresa que será estudada nesse trabalho apresenta um método de definição de kit de horas mensal (Homem/hora),que vem gerando um alto valor de mão-de-obra ociosa, visto que o desenvolvimento desse kit de montagem é sempre baseado no avião que contem maior

complexidade de montagem ,ou seja, maior número de Homem/hora. Dessa forma aviões menos complexos apresenta o mesmo kit de horas daqueles que tem um grau de dificuldade para montagem maior. Além disso, esse kit é montado baseado no mês anterior, considerando assim que os aviões que serão montados terão o mesmo nível de montagens que os aviões já montados, podendo assim gerar um erro de superdimensionamento de mão-de-obra.

1.1 Objetivo da Pesquisa

Propor um método capaz de determinar a necessidade de Kit de Horas em uma linha de montagem de aviões.

1.2. Justificativa

A busca por uma alta eficiência dos recursos produtivos sempre foi uma preocupação básica da maioria dos gerentes de manufatura, em suas constantes buscas por menores custos de produção. Surgida e baseada nos princípios da produção em massa, nas últimas décadas tal prática tem se mostrado bastante inadequada e se convertido em um forte entrave para uma gestão da produção baseada nas reais dimensões competitivas requeridas pelo mercado atual (Souza & Pires, 1999).

Dentre os aspectos operacionais que devem ser definidos *a priori* para obter uma linha de montagem eficiente, o balanceamento é o que tem se apresentado como principal problema nas empresas de manufatura nos últimos anos, cujo objetivo é distribuir a carga de trabalho entre as estações da maneira mais equilibrada possível, facilitando a produção (Gerhardt & Fogliatto, 2004).

Este trabalho de graduação é será realizado em uma empresa do setor aéreo, mais especificamente na linha de montagem de aviões comerciais, na qual são montados 10 aviões por mês de 2 tipos diferentes. A definição da quantidade de homem-hora, para a produção de um determinado mix de aviões dentro da linha de montagem, é realizada tomando-se por base o avião, cujas características de montagem alocam a maior quantidade de mão de obra que já foi produzido na linha. Esse valor medido é então utilizado como base para determinação da

quantidade de Kit de horas necessária para compor a linha de produção. Assim os demais aviões, mesmo necessitando de uma quantidade Kit horas menor, são produzidos nessa linha.

Com isso observa-se grande ociosidade de mão de obra quando há um avião na linha, que necessite de uma quantidade de homem-hora inferior ao modelo utilizado como referência, ocasionando um excesso de mão de obra em alguns postos de trabalho, e devido ao fato do ritmo da linha de montagem ser determinado pelo avião modelo, há um aumento no tempo de processamento total, pois todos os aviões são montados neste ritmo.

A importância do modelo que se deseja propor neste trabalho para determinação do Kit de horas para a linha de montagem de aviões, vem do fato de que o preço é determinado pelo mercado, assim a melhoria da eficiência dos processos torna-se necessária para a redução dos custos de produção e manter-se competitivo. A ociosidade gerada no hangar, por utilizar esse procedimento, equivaleu a um número de 59 pessoas durante os 4 meses de estudos, ou seja, 8.306,7 Homem/hora.

1.3 Método de Pesquisa

Nessa pesquisa foi adotada a estratégia quantitativa, a qual prevê a mensuração de variáveis predeterminadas e a análise dos dados realizada por meios estatísticos, além da busca por informações quantificáveis (APPOLINÁRIO, 2006).

O método de pesquisa adotado neste trabalho é a modelagem, que segundo Morabito e Pureza (2009), aborda investigações quantitativas em que modelos de relações causais entre variáveis controladas e desempenho são desenvolvidos, analisados ou testados, e sua construção é baseada em um conjunto de variáveis em domínios específicos com relações causais que definem a sua interdependência.

O desenvolvimento do trabalho foi baseado no modelo de pesquisa apresentado por Arenales *et al.* (2007), conforme Figura 2, em que para a formulação do modelo é preciso o entendimento do sistema ou problema real:

- Compreender como as características do cliente afeta a montagem dos aviões;
- Definir o período a ser analisado;
- Entender as variáveis do *mix* de produção que afetam o kit de horas;

- Determinar as tarefas que configuram a necessidade de homem-hora para cada tipo ou família de aviões;
- Realizar um estudo de homem-hora necessário para montagem de cada avião.
- Utilizar o modelo proposto neste estudo.

A partir do modelo real, um modelo foi proposto baseado na literatura estudada e na definição das variáveis de interesse, bem como as relações matemáticas que descrevem o comportamento do sistema.

Antes de inicializar a elaboração do modelo, foi feito um fluxograma das etapas a serem seguidas para realizar o modelo proposto.

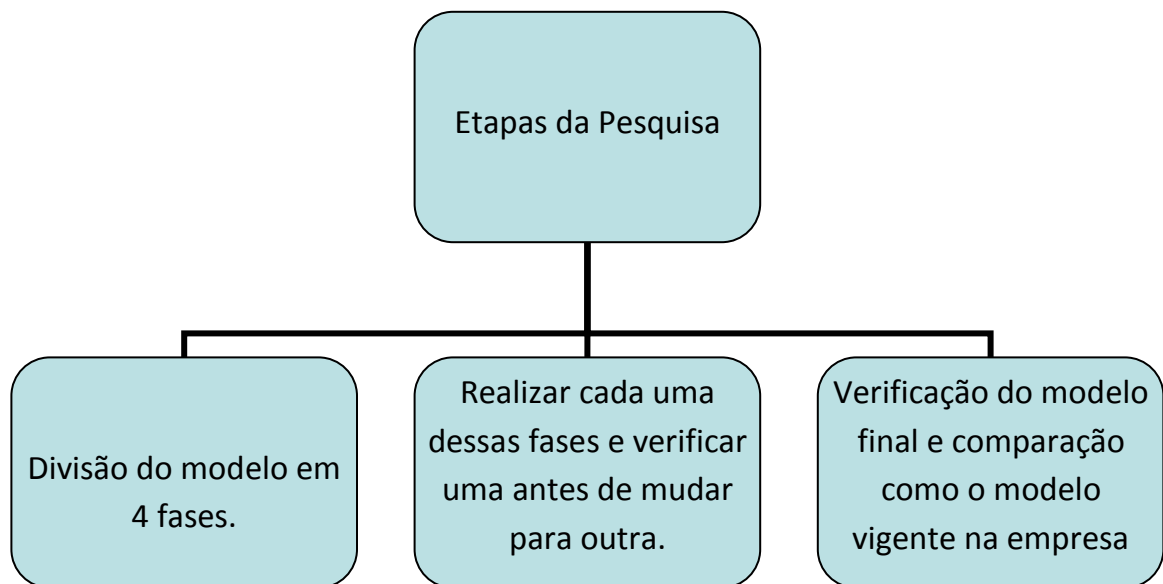


Figure 1- Fluxograma de etapas

Dando sequência no trabalho o modelo, Figura 2 foi elaborado.

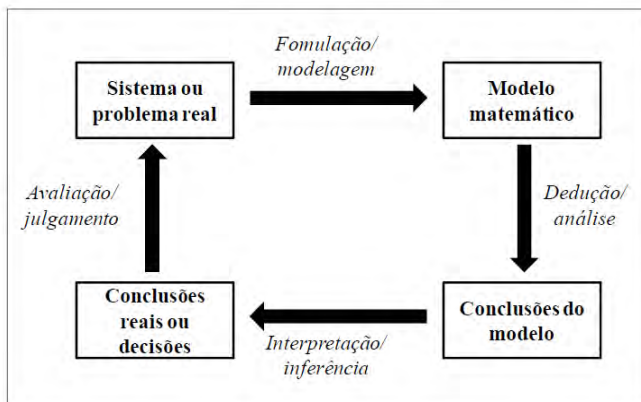


Figura 2– Modelo de Pesquisa para Modelagem/Simulação
Fonte: Adaptado de ARENALES *et al.* (2007)

Uma vez conhecidas as variáveis, o conceito que orienta o modelo e as relações causais entre as variáveis de interesse, na fase de dedução/análise serão aplicadas técnicas matemáticas ou estatísticas. A fase de interpretação/inferência busca a discussão acerca do quão aderente o modelo conceitual é do problema real. Assim, na fase de avaliação/julgamento, a preocupação será verificar se o escopo do problema e a sua modelagem necessitam de revisão.

Segundo Bertrand e Fransoo (2002), a pesquisa pode ser classificada como pesquisa axiomática normativa, em que das variáveis, baseado em hipóteses sobre o comportamento de outras.

Este tipo de pesquisa é usado para desenvolver políticas, estratégias e ações para melhorar os resultados da literatura na busca de soluções ótimas para problemas e/ou comparar diferentes estratégias possíveis para a sua se objetiva, prioritariamente, gerar soluções no domínio de um modelo específico e garantir que a solução obtida forneça uma visão sobre o problema definido pelo modelo.

Envolve desde a elaboração conceitual e construção do modelo, bem como sua solução, e seus resultados são verificados em função do comportamento esperado deste modelo, produzindo conhecimento sobre a resposta solução.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho esta dividido em 4 capítulos, além do capítulo introdutório.

No capítulo 2 apresentam-se os conceitos de planejamento e controle de produção, a importância do estudo de tempos para a linha de manufatura, programação e controle de produção, assim como o nivelamento de produção.

O capítulo 3 é responsável por apresentar os dados relevantes ao desenvolvimento da pesquisa, como: instrumento de coleta de dados, formulação e modelagem, dedução e análise, inferência e por último julgamento do modelo proposto, assim como algumas simulações capazes de caracterizar o processo.

O ultimo capítulo deste trabalho, apresenta as conclusões alcançadas a partir do modelo criado e a verificação dos objetivos, assim como recomendações para futuras pesquisas.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 Planejamento e Controle da Capacidade

Planejamento e controle da capacidade é a tarefa de determinar a capacidade efetiva da operação produtiva, de forma que ela possa responder à demanda. Isso normalmente significa decidir como a operação deve reagir a flutuações da demanda (SLACK, 2009).

O planejamento de investimentos em capacidade envolve, segundo Proto (2003), “decisões estratégicas de longo prazo que devem levar em consideração aspectos operacionais (Logística e PPCP), aspectos financeiros (Retorno sobre o Capital Investido, Fluxo de Caixa, etc.) e outros aspectos pouco quantificáveis, mas de extrema relevância” (impacto social, relacionamento com concorrentes e governo, etc).

Slack (2009) afirma que a sequência das decisões de planejamento e controle de capacidade que precisam ser tomadas pelos gerentes de produção são:

1. Medir os níveis agregados de demanda e capacidade, que permite que a organização não só reaja a futuros eventos, mas sim se planeje para os mesmos;
2. Identificar as políticas alternativas de capacidade, que podem apresentar-se como políticas de capacidade constante, política de acompanhamento da demanda e gestão da demanda;
3. Escolher a política de capacidade mais adequada.

2.2 Definição e importância do Estudo de Tempos

A análise do trabalho e do estudo dos tempos e movimentos (*motion-time study*) é o instrumento básico para se racionalizar o trabalho. Assim, este é executado melhor e de forma mais econômica por meio da análise, isto é, da divisão e subdivisão de todos os movimentos necessários à execução de cada operação de uma tarefa. Taylor, o mentor desta idéia, viu a oportunidade de decompor cada tarefa em uma série ordenada de movimentos simples, já os inúteis eram eliminados, e quanto aos movimentos úteis simplificados. A essa análise do trabalho

seguia-se o estudo dos tempos e movimentos, ou seja, a determinação do tempo médio para a realização de uma tarefa (CHIAVENATO, 2003).

Segundo Peinado & Graeml (2007), o estudo de tempos, também conhecido como *crono análise*, é uma forma de mensurar o trabalho por meio de métodos estatísticos, permitindo calcular o tempo padrão que é utilizado para determinar a capacidade produtiva da empresa, elaborar programas de produção e determinar o valor da mão-de-obra direta no cálculo do custo do produto vendido (CPV), dentre outras aplicações. O tempo padrão engloba a determinação da velocidade de trabalho do operador e aplica fatores de tolerância para atendimento às necessidades pessoais, alívio de fadiga e tempo de espera.

Cury (2000) define um processo como sendo uma série de tarefas ou etapas que recebem insumos, tais como, materiais, informações, pessoas, métodos e máquinas, que geram produto físico, ou serviço. A padronização das operações pode ser definida como um método efetivo e organizado de produzir evitando desperdícios (GHINATO, 2000). Tal método almeja a produtividade máxima de cada funcionário eliminando das suas operações possíveis perdas. Todos os passos são registrados para que sejam repetidos de maneira uniforme pelos operários em um ritmo de produção estabelecido que satisfaça a demanda.

A rotina-padrão é um conjunto de operações executadas por um operador em uma sequência determinada, permitindo-lhe repetir o ciclo de forma consistente ao longo do tempo. A determinação de uma rotina-padrão de operações evita que cada operador execute aleatoriamente os passos de um determinado processo, reduzindo as flutuações de seus respectivos tempos de ciclo e permitindo que cada rotina seja executada dentro do *takt time*, de forma a atender a demanda.

Para Campos (1992) as grandes empresas enfrentam problemas causados por operários que executam a mesma tarefa de forma diferente. Nesse caso, padronizar os processos seria definir e discutir até encontrar o melhor procedimento a ser adotado, treinar as pessoas e assegurar a execução das tarefas conforme definido.

Falar em métodos de quantificação e padronização de uma determinada atividade é construir as bases para o planejamento e controle da produção (PCP), bem como no contexto da realização do MRP II que só pode ser desenvolvido e posto em prática mediante a determinação da capacidade produtiva da atividade a ser padronização.

O planejamento e controle da produção é um sistema de informação que gerencia a integração dos recursos produtivos de uma empresa. Tem o objetivo de atender a uma demanda determinada e simultaneamente maximizar o lucro da empresa (MARTINS & LAUGENI, 1998). Deste modo, a padronização das operações e o conhecimento acurado da capacidade produtiva têm influência direta na eficácia do PCP pelo alcance de alguns de seus objetivos como: redução dos *lead times* de produção, possibilidade de cumprimento de prazos conformidades e agilidade de resposta diante de alterações de demanda.

De acordo com Corrêa & Gianese (1996), o MRPII é um sistema hierárquico de administração da produção, em que os planos de produção ao longo do período são detalhados até se chegar ao nível do planejamento dos componentes e máquinas específicas. O tempo estimado por tarefa, que determina a ocupação de cada recurso, é um fator preponderante na realização do MRP II. Este tempo é uma média apurada e pode variar de acordo com o desenvolvimento de cada operador. Essas oscilações ocasionam retenções de fluxo e formação de estoques. Portanto, a acurácia dos tempos cronometrados e sintéticos da realização de uma dada atividade é vital para o bom planejamento das necessidades dos materiais, bem como da alocação de mão de obra a partir da demanda desejada.

A padronização de uma atividade também representa um fator relevante quando se objetiva implantar técnicas de produção enxuta. Ao passo que, de acordo com Silveira & Coutinho (2006), para possibilitar um fluxo contínuo de trabalho é imprescindível que a linha de produção esteja balanceada, se faz com isso necessário padronizar os tempos das operações e entre essas, de tal forma que cada posto de trabalho execute tarefas que atendam ao takt time da linha. Nesse sentido, não se pode pensar em produção enxuta sem a existência de um trabalho padronizado, tido como um fator fundamental para garantir um fluxo contínuo de produção.

Assim, o estudo de tempos e movimentos para determinação da capacidade produtiva e padronização de uma determinada atividade possui aplicabilidade variada, passando do planejamento e controle da produção a técnicas de produção enxuta. Deste modo, torna-se uma técnica que oferece subsídios para estudos e análises mais complexas.

2.3 Planejamento, Programação e Controle da Produção

Para a programação da produção em ambientes enxutos há um imperativo pela estabilidade. O planejamento da produção e das próprias ações de melhoria só pode ser executado em um ambiente sob controle e previsível. Para Ghinato (2000) e Kamada (2007) a estabilidade é um dos pontos mais importantes de sustentação do Sistema Toyota de Produção, devendo ser o foco inicial na implementação enxuta. A produção puxada é uma das principais iniciativas para o alcance da estabilidade. Lembrando que o sistema puxado, “autoriza” o trabalho a ser feito baseado no status do sistema” (HOPP & SPEARMAN, 2000).

A programação puxada surgiu exatamente da análise de contextos em que a variabilidade de demanda levava ou aumentava a mesma tendência à produção. Determinou-se a necessidade de um sistema de controle reflexivo de produção – em que cada ponto de produção sinaliza suas necessidades para a operação anterior –, ao invés de um sistema cognitivo de programação – colocando todas as informações num ponto centralizado de tomada de decisão (SMALLEY, 2004).

Na programação puxada não há necessidade de programar todas as estações. O próprio sistema através de sinalizações simples como o *kanban* – forma mais conhecida de programar na produção puxada – informa aos operadores o que produzir e quando produzir. “O controle *kanban* é um método de operacionalizar o sistema de planejamento e controle puxado”. *Kanban* é a denominação japonesa para cartão ou sinal. Através do uso desses cartões, são programados os centros de trabalho – eles são os meios pelos quais a produção, o transporte ou o fornecimento podem ser autorizados (SLACK *et al.*, 2002).

2.4 Nivelamento da Produção

No trabalho de Menegon, Nazareno & Rentes (2003), são relacionados os desperdícios e as técnicas adotadas nos sistemas de Produção Enxuta. A Produção Nivelada é uma técnica que atua fortemente sobre os desperdícios de superprodução e inventário desnecessário (estoque) e tem atuação sobre o desperdício de espera. Ainda enfatizam que a Manufatura Enxuta possui dois

importantes pontos de apoio em relação à programação: a Produção Puxada e a Produção Nivelada, que, se combinados, minimizam o principal tipo de desperdício - a superprodução.

Segundo Liker (2005), o foco mais comum das implementações de ferramentas enxutas está na identificação e eliminação de perdas. Mas, muitas empresas não conseguem alcançar o processo de estabilizar o sistema e criar uniformidade - um verdadeiro fluxo de trabalho enxuto equilibrado. O princípio talvez mais contra-intuitivo do modelo Toyota é esse nivelamento do plano de trabalho - o *heijunka*. Ele é fundamental para eliminar o desnivelamento (*mura*), cuja existência não permite que sejam evitadas as perdas (*muda*) e sobrecargas do sistema (*muri*).

De forma resumida, o nivelamento significa alimentar uniformemente a produção, enquanto atende a demanda dos clientes por vários produtos (CUMMINGS, 2007). É o método pelo qual se reduz ao máximo a variância das quantidades produzidas, para otimizar os recursos necessários (PRIOUL, 2008).

Por Rother & Harris (2002), é definido como uma distribuição igualada do volume e *mix* de produção ao longo do tempo. Converte a demanda puxada do consumidor em um processo de produção previsível, é usado em conjunto com outras ferramentas enxutas para estabilizar o fluxo de valor. É assim, um aspecto crucial para a criação do sistema de produção enxuto, porque é chave para se alcançar a estabilidade (REYNER & FLEMING, 2004; LIKER, 2005; JONES, 2006).

Para Niimi (2004), a solução no caso do nivelamento de volume é reunir todos os pedidos de um período (um mês, uma semana ou um dia), dividindo-os igualmente no tempo para conseguir nivelar a produção. Embora não se obtenha uma linha reta de produção, os altos e baixos têm menor variação e são mais previsíveis.

Para Furmans (2005), o nivelamento de *mix* é um disciplinador de sequência, que nivela a produção de diferentes produtos igualmente em um período definido que pode ser de um dia, um turno ou menos. “O objetivo é alcançar um fluxo constante de partes num modelo mixado de produção que fornece para um ou mais clientes num fluxo constante de diferentes partes”.

A principal e mais evidente vantagem do nivelamento está no fluxo estabilizado de produção, conseguido através da nova consideração de trabalhar a demanda do cliente no logo prazo. Furmans (2005) lembra que ao mesmo tempo em que se trabalha com nivelamento, obtém-se o benefício de gerar uma demanda constante de partes para os fornecedores, reduzindo ou eliminando a necessidade de manter estoques para conseguir trabalhar nos picos de demanda.

3 Modelagem

3.1. Coleta de dados

Segundo Richardson (1999), todo o trabalho de planejamento e execução das etapas do processo de pesquisa se consolida no instrumento de coleta de dados. Neste caso baseou-se principalmente em modelagem.

Através do software utilizado pela empresa, SAP pode-se avaliar diariamente os dados gerados pelo sistema de produção como o MIX de produção, responsável por indicar a quantidade de trabalho por hora, ou os modelos que devem ser produzidos.

Com os dados obtidos, deve-se levar em conta a necessidade de revisão periódica, visto que o ambiente fabril é bastante dinâmico e implica em alterações constantes no processo.

3.2 Formulação/Modelagem

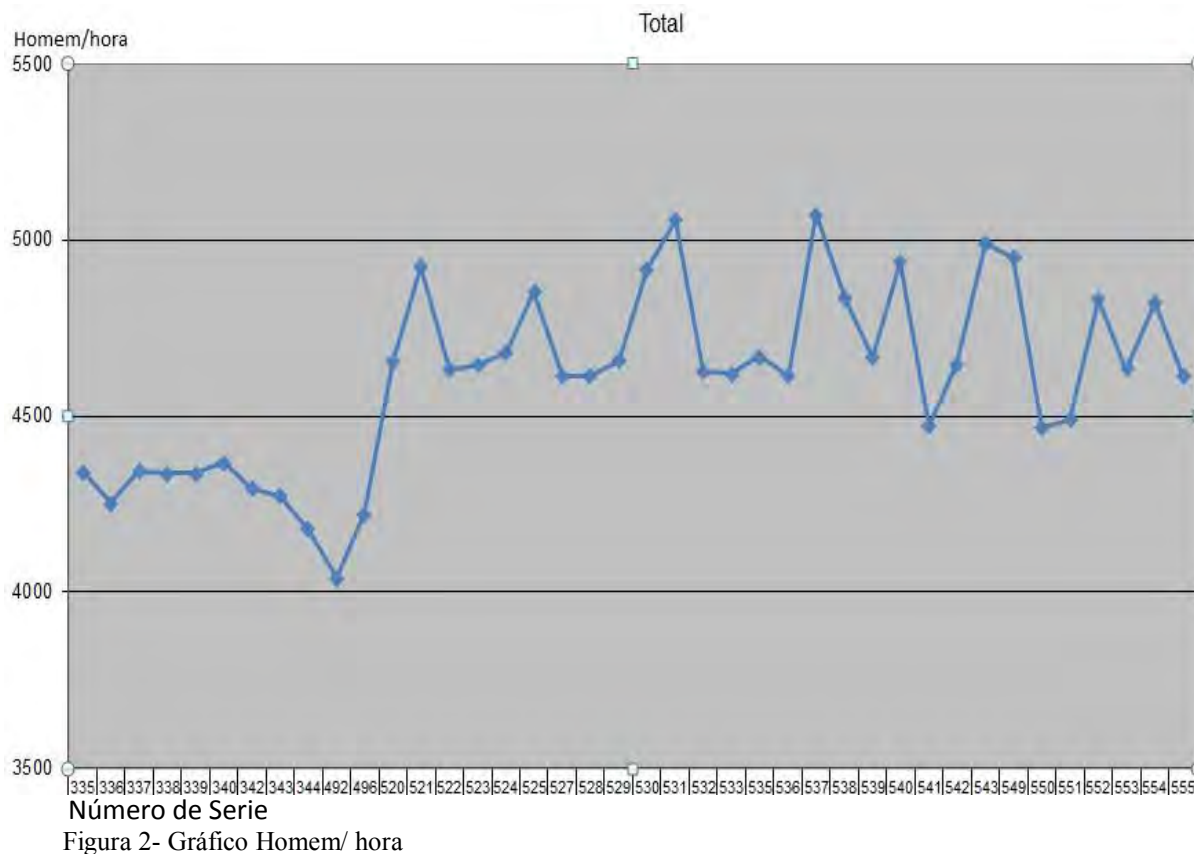
Uma análise das características do setor aeronáutico, percebe-se algumas características relevantes para comprovar a necessidade de um modelo capaz de determinar a necessidade de Kit de Horas em uma linha de montagem de aviões, são elas :

- Mão-de-obra que depende diretamente do volume de aviões produzido, esse último possui uma oscilação grande, já que a empresa permite a customização dos produtos pelos clientes.
- Demanda instável, visto que exige uma dependência do mercado, variedade de produto , uma vez que, no mesmo hangar dois tipos de família de aviões correm a linha.
- Respeito ao tempos de entrega que cada cliente exige.

Na Figura 2 percebe-se que não se pode pegar um kit de horas de um avião mais complexo, ou seja, e replicar para um outro avião que tem uma carga de montagem

menor, visto que existe uma diferença de homem/ hora muito grande entre os aviões, podendo chegar ate 700 Homem/hora.

Pela Figura 2 pode corroborar o que foi dito acima.



Atualmente a definição do kit de horas dos aviões que correram a linha de montagem é feita de uma forma que não utiliza ferramentas estatísticas para dar suporte em uma definição mais precisa. A equipe responsável por tal atividade recebe o grupo de aviões que devem ser montados e escolhem o avião com maior frequência de montagem, ou seja, que mais se repete e o que apresenta maior número de atividade de montagem e define o número de Homem/hora (Hh), ou seja, mão de obra necessária para montagem de todos os aviões com base no avião escolhido. Essa forma de definição vem sendo usada para não correr o risco de um sub dimensionamento de mão de obra e evitar prolongamento do *lead time* exigido pelo cliente. Entretanto, o contrário vem ocorrendo na linha, um superdimensionamento de Homem/hora, já que esse método de definição de kit de horas utiliza a mesma carga de Hh para todos os aviões.

Os dados foram coletados para gerar esse gráfico, Figura 2 foi por meio de transações do SAP, sistema de integração que a empresa têm, o que se pode dizer que tais dados são confiáveis. Apesar do sistema de integração, SAP ser utilizado para deixar a empresa com maior sinergia, algumas dificuldades foram encontradas para coletar tais dados, uma vez que, certas transações do SAP são restritas a grupos de pessoas. Assim, houve uma espera para conseguir ter esses dados em mãos e prosseguir a análise para elaborar o método de Kit de Horas.

Após conseguir esses dados fez-se um estudo para verificar atividades comuns entre aviões e verificação se esses aviões pertencem a mesma família. Por motivo de sigilo, essas tabelas contêm dados referentes a um mês do ano.

Tabela 1 - Dados das Atividades

Família 170			
%	NS: 342 Hh	Atividades comuns	
0,260128	1218,7	10	
0,002561	12	9	
0,014258	66,8	8	
0,002348	11	7	
0,002348	11	6	
0,008324	39	5	
0,002134	10	4	
0,696371	3262,5	3	
0,011526	54	2	
0	0	1	
Total	4685 Hh		

%	NS:343 Hh	Atividades comuns	
0,259052	1207,7	10	
0,002574	12	9	
0,014329	66,8	8	
0,00236	11	7	
0,00236	11	6	
0,008366	39	5	
0,002145	10	4	
0,697233	3250,5	3	
0,011583	54	2	
0	0	1	
Total	4662 Hh		

%	NS:344 Hh	Atividades comuns	
0,264661	1207,7	10	
0,00263	12	9	
0,012053	55	8	
0,000657	3	7	
0,002191	10	6	
0,001534	7	5	
0,002191	10	4	
0,705536	3219,5	3	
0	0	2	
0,008547	39	1	
Total	4563,2 Hh		

Família 190			
%	NS: 550 Hh	Atividades comuns	
0,25185	1223,7	10	
0,002488	12	9	
0,010282	50	8	
0,686833	3335	7	
0,013881	67,5	6	
0,027557	134	5	
0,002262	11	4	
0,004627	22,5	3	
0	0	2	
0,00144	7	1	
Total	4882,7 Hh		

%	NS:551 Hh	Atividades comuns	
0,249807	1221,7	10	
0,002452	12	9	
0,013646	66,8	8	
0,679743	3327	7	
0,012361	60,5	6	
0,029625	145	5	
0	0	4	
0,012361	60,5	3	
0	0	2	
0,000204	1	1	
Total	4894,5 Hh		

%	NS:552 Hh	Atividades comuns	
0,23355	1221,7	10	
0,002294	12	9	
0,010476	54,8	8	
0,636972	3332	7	
0,010992	57,5	6	
0,03268	171	5	
0,001912	10	4	
0,014624	76,5	3	
0,05849	295,5	2	
0	0	1	
Total	5231 Hh		

Família 553			
%	NS: 553 Hh	Atividades comuns	
0,239771	1210,7	10	
0,002377	12	9	
0,005802	29,8	8	
0,660671	3337	7	
0,01317	66,5	6	
0,002377	12	5	
0,000198	1	4	
0,020478	103,4	3	
0,054858	277	2	
0	0	1	
Total	5049,4 Hh		

%	NS: 554 Hh	Atividades comuns	
0,231824	1210,7	10	
0,002298	12	9	
0,010493	54,8	8	
0,638392	3334	7	
0,01101	57,5	6	
0,032743	171	5	
0,001915	10	4	
0,014744	77	3	
0,056582	295,5	2	
0	0	1	
Total	5222,5 Hh		

%	NS: 555 Hh	Atividades comuns	
0,238547	1200,7	10	
0,002384	12	9	
0,006392	29,8	8	
0,661779	3331	7	
0,013212	66,5	6	
0,002384	12	5	
0,000199	1	4	
0,020543	103,4	3	
0,056032	277	2	
0	0	1	
Total	5033,4 Hh		

%	NS: 549 Hh	Atividades comuns
0,228051	1223,7	10
0,002235	12	9
0,011144	58,8	8
0,519467	3324	7
0,000559	3	6
0,029818	160	5
0,003168	17	4
0,028867	154,9	3
0	0	2
0,076888	411,5	1
	5365,9 Hh	

Nessa Tabela 1 identificou as atividades comuns que são necessárias para a montagem dos aviões e com um olhar mais clínico pode-se verificar que o número Homem/hora mínimo para o kit de horas desse mês foi a soma das atividades 10 e 7. Na tabela 1, temos a soma total de Homem/hora necessário para montar esses aviões, número de aviões que têm atividades comuns e o quanto esse Hh comum representa em porcentagem no Hh total. Como por exemplo, o avião com NS:549 apresenta 4547,7 Hh de horas em comuns com os outros aviões, que é a soma dos valores 1223,7 Hh, número esse que representa atividades comuns para os 10 aviões desse mês, seja ele da família 170 ou 190 e 3324 Hh, número esse que representa atividades comuns para os aviões da família 190.

Tabela 2 - Dados Atividades com maior Homem/hora

	AVIÃO 170 Homem/hora	AVIÃO 190 Homem/hora	
MÉDIA PARA 10 AT	1214,7 Hh	1216,1 Hh	
MÉDIA PARA 7 AT	3305,25 Hh	3331,4 Hh	
SOMA	4519,95 Hh	4547,5 Hh	Hh Base

Entretanto, para se fazer essa análise foi necessário fazer um estudo estatístico para confirmar se esses aviões pertencem a mesma família.

Segundo Rother & Shook(2003), família é um grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos processos anteriores. Nesse estudo apesar de não ter utilizado a ferramenta VSM, *value stream map*, o conceito de famílias foi proposto durante a realização do estudo.

As hipóteses de verificação se os aviões pertencem a mesma família consistem em:

Ho: Os aviões são da mesma família

H1: Os aviões são de famílias distintas

Se: F calculado, Tabela 3 ou da Tabela 4, for menor que F crítico pode-se dizer que os aviões pertencem a mesma família. Lembrando que o resultado estatístico abaixo é referente a um determinado mês x, esse resultado é semelhante para os demais meses estudados nesse trabalho. Portanto, a análise feita para esses dados podem ser considerados o mesmo para os outros meses.

Para a tabela 3, o estudo considerou apenas os aviões que pertencem a família 190 e a amostra foi de 7 aviões 190, mostrada pela coluna gl(graude liberdade) = Número da amostra estudada – 1. Na tabela 4 o estudo foi feito usando toda a amostra, ou seja, aviões 170 e 190, nesse caso 10 aviões.

Tabela 3 - :Verificação de Processos comuns para família dos aviões 190 de um mês X

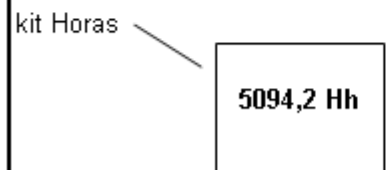
ANOVA		AVIÃO 190				
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	75698,92364	6	12616,48727	0,004318604	1	2,231189
Dentro dos grupos	204499893,5	70	2921427,05			
Total	204575592,5	76				

Tabela 4 - Verificação de Processos comuns considerando família dos aviões 170 de um mês X

ANOVA		AVIÃO 170				
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	238555,0342	9	26506,11491	0,009414348	1	1,974829
Dentro dos grupos	281550197,3	100	2815501,973			
Total	281788752,3	109				

As Tabelas 3 e 4 nos mostra que tanto considerando os aviões 170 ou sem eles, esse conjunto de aviões pertencem sim a mesma família, ou seja, eles apresentam um grande número de atividades em comuns. O foco desse trabalho passa então a ser as atividades que são singulares de cada avião. Após realizar um estudo sobre essas atividade pode-se então definir o kit de horas.

Tabela 5 - Modelo específico para esse mês estudado

AVIÕES	4547,55 Hh Base			Além do Base	
	Hh total	Além do base	Hh real	Coluna1	
550	4862,7	315,1428571	-231,5	Média	546,6429
551	4894,5	346,9428571	-199,7	Erro padrão	70,40225
549	5365,9	818,3428571	271,7	Mediana	501,8429
552	5231	683,4428571	136,8	Modo	#N/D
553	5049,4	501,8428571	-44,8	Desvio padrão	186,2669
554	5222,5	674,9428571	128,3	Variância da amostra	34695,34
555	5033,4	485,8428571	-60,8	Curtose	-1,30969
kit Horas 				Assimetria	0,146004
				Intervalo	503,2
				Mínimo	315,1429
				Máximo	818,3429
				Soma	3826,5
				Contagem	7
				Nível de confiança(95,0%)	172,2682

Uma análise criteriosa dos dados coletados, percebe-se que existe uma necessidade grande de um modelo, Tabela 5 que ajude a definir esse kit de horas, já que não deve replicar um kit de horas de um avião que tem maior número de montagens e customizações a aviões que requer menor número de montagens.

Esse modelo foi realizado apenas para os aviões da família 190, uma vez que, como mostra a figura1 a família dos aviões 170 não sofre uma oscilação expressiva de Homem/hora, ao contrario dos aviões que pertence a família 190 que possui uma oscilação nítida conforme gráfico. Pela Tabela 5, pode-se verificar que o Kit de Horas para esse mês específico tem 5094,2 Homem/hora, que é a soma 4547,55 Hh(horas base),ou seja, número mínimo de Hh para os aviões descritos na tabela 5, mais o número 546,6429 Hh, que representa a média da coluna, "Além do Base". Coluna essa que mostra o Hh real necessário para se montar cada um desses aviões junto com o Hh base.

Durante todo o processo de análise surgiu uma necessidade de buscar mais dados para entender melhor algumas situações, como por exemplo, o mix de produção.

Nesse estudo, além desse mês estudado foram analisado mais três meses para corroborar a eficiência do modelo.

Tabela 6 - Modelo Geral

Mês	Médias necessário	Coluna1	
Mês 1	546,64 Hh		
Mês 2	534,68 Hh	Média	552,4271429
Mês 3	544,9 Hh	Erro padrão	10,68158097
Mês 4	583,48 Hh	Mediana	545,7714286
(Média) (Desv.Pad) $552,42 + 21,36 = 573,79 \text{ Hh}$		Modo	#N/D
		Desvio padrão	21,36316195
		Variância da amostra	456,3846884
		Curtose	3,035488801
		Assimetria	1,623235647
		Intervalo	48,79428571
		Mínimo	534,6857143
		Máximo	583,48
		Soma	2209,708571
		Contagem	4
		Nível de confiança(95.0%)	33,99355791

Na Tabela 6 mostrada, está uma análise focada apenas nas médias desses quatro meses, ou seja, analisando apenas o comportamento de variabilidade desses valores junto com o seu desvio padrão para chegar em um número mais preciso do valor médio do "Além do base ". Após esse número ser encontrado, a definição do Kit de Horas de cada mês se vale da soma desse número cujo valor é : 573,79 Hh mais o valor de "Homem hora base " de cada mês que se deseja descobrir o Kit de Horas. Pode-se então dizer que o Kit de Horas da Tabela 5 é definido pelo número 5121,347 Homem/hora e não 4547,55 Homem/hora como foi dito anteriormente.

Desta maneira desenvolveu-se um método para modelagem capaz de determinar a necessidade de Kit de Horas em uma linha de montagem de aviões proposta nesse trabalho, que segue os passos da Figura 3.

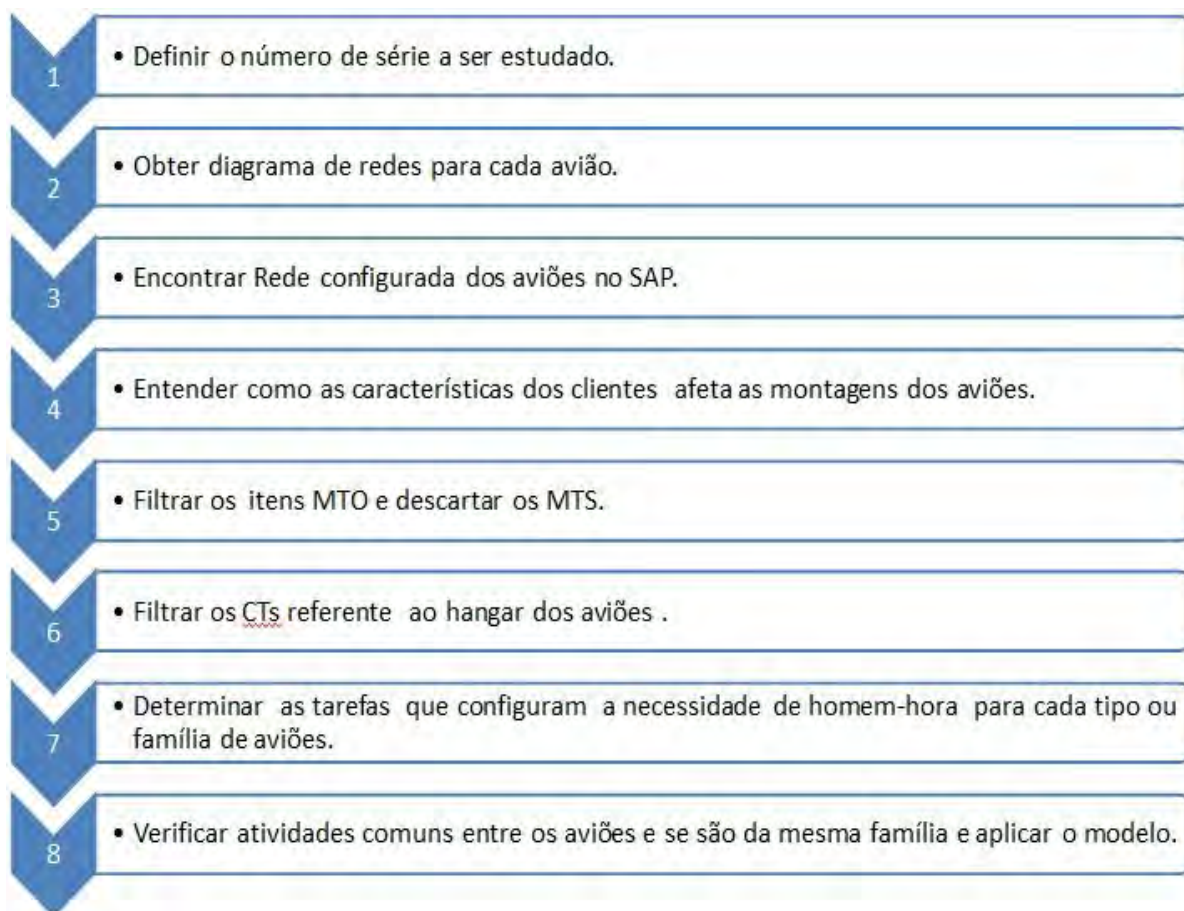


Figura 2 –Modelo Proposto

3.3. Dedução/Análise

A partir do modelo estabelecido para análise do Kit Horas de montagem pode-se destacar a eficiência do mesmo.

A Tabela 7 mostra que existe um nivelamento no fim do mês, visto que a soma da coluna em destaque abaixo sempre é zero.

Tabela 7 - Dados do Nivelamento Homem/hora real

Mês 1			
Avião	Hh total	necessário	Hh real
550	4862.7	315.1	-231.5
551	4894.5	346.9	-199.7
549	5365.9	818.3	271.7
552	5231	683.4	136.8
553	5049.4	501.8	-44.8
554	5222.5	674.9	128.3
555	5033.4	485.8	-60.8
SOMA = 0			

Mês 2			
Avião	Hh total	necessário	Hh REAL
496	4791.2	566.4	31.75714
527	4618.2	393.4	-141.243
528	4619.7	394.9	-139.743
529	4664.2	439.4	-95.2429
530	4922.6	697.8	163.1571
531	5066.6	841.8	307.1571
532	4633.6	408.8	-125.843
SOMA = 0			

Mês 3			
Avião	Hh total	necessário	Hh REAL
525	4859.2	625.1	80.17143
524	4684.7	450.6	-94.3286
523	4649.1	415.0	-129.929
522	4785.2	551.1	6.171429
521	4930.1	696.0	151.0714
520	4663.2	429.1	-115.829
492	4881.7	647.6	102.6714
SOMA = 0			

Mês 4			
Avião	Hh total	necessário	Hh REAL
533	4625.7	450.2	-133.28
535	4675.2	499.7	-83.78
536	4620.2	444.7	-138.78
537	5078.7	903.2	319.72
538	4843.2	667.7	84.22
539	4673.2	497.7	-85.78
540	4944.1	768.6	185.12
541	4479.2	303.7	-279.78
542	4654.1	478.6	-104.88
543	4996.2	820.7	237.22
SOMA = 0			

Essa eficiência dar-se dentre elas por existir um nivelamento de Hh real, Tabela 7, já que a soma desses valores, são zero. Essa coluna dar-se da subtração do valor da média da coluna “Além do base”, como por exemplo, na Tabela 5 pelo valor individual da coluna de Hh necessário.

Além disso, percebe-se nessa coluna ,”Hh Real” saldos e débitos de Homem/hora de cada avião mas que no fim da soma desses valor esses números são compensados uns pelos outros, como já foi dito, soma zero.

3.4. Interpretação/Inferência

Tabela 8- Dados da montagem

Aviões	Dados	Total	Aviões	Dados	Total
492	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-73.7811	492	Soma de Saldo de Hh	48.4
496	Soma de Saldos ou débitos de Hh	7.347448	496	Soma de Saldo de Hh	275.4
520	Soma de Saldos ou débitos de Hh	144.7189	520	Soma de Saldo de Hh	266.9
521	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-122.181	521	Soma de Saldo de Hh	0
522	Soma de Saldos ou débitos de Hh	22.71888	522	Soma de Saldo de Hh	144.9
523	Soma de Saldos ou débitos de Hh	158.8189	523	Soma de Saldo de Hh	281
524	Soma de Saldos ou débitos de Hh	123.2189	524	Soma de Saldo de Hh	245.4
525	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-51.2811	525	Soma de Saldo de Hh	70.9
527	Soma de Saldos ou débitos de Hh	180.3474	527	Soma de Saldo de Hh	448.4
528	Soma de Saldos ou débitos de Hh	178.8474	528	Soma de Saldo de Hh	446.9
529	Soma de Saldos ou débitos de Hh	134.3474	529	Soma de Saldo de Hh	402.4
530	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-124.053	530	Soma de Saldo de Hh	144
531	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-268.053	531	Soma de Saldo de Hh	0
532	Soma de Saldos ou débitos de Hh	164.9474	532	Soma de Saldo de Hh	433
533	Soma de Saldos ou débitos de Hh	123.5903	533	Soma de Saldo de Hh	453
535	Soma de Saldos ou débitos de Hh	74.0903	535	Soma de Saldo de Hh	403.5
536	Soma de Saldos ou débitos de Hh	129.0903	536	Soma de Saldo de Hh	458.5
537	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-329.41	537	Soma de Saldo de Hh	0
538	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-93.9097	538	Soma de Saldo de Hh	235.5
539	Soma de Saldos ou débitos de Hh	76.0903	539	Soma de Saldo de Hh	405.5
540	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-194.81	540	Soma de Saldo de Hh	134.6
541	Soma de Saldos ou débitos de Hh	270.0903	541	Soma de Saldo de Hh	599.5
542	Soma de Saldos ou débitos de Hh	95.1903	542	Soma de Saldo de Hh	424.6
543	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-246.91	543	Soma de Saldo de Hh	82.5
549	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-244.553	549	Soma de Saldo de Hh	0
550	Soma de Saldos ou débitos de Hh	258.6474	550	Soma de Saldo de Hh	503.2
551	Soma de Saldos ou débitos de Hh	226.8474	551	Soma de Saldo de Hh	471.4
552	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-109.653	552	Soma de Saldo de Hh	134.9
553	Soma de Saldos ou débitos de Hh	71.94745	553	Soma de Saldo de Hh	316.5
554	Soma de Saldos ou débitos de Hh	-101.153	554	Soma de Saldo de Hh	143.4
555	Soma de Saldos ou débitos de Hh	87.94745	555	Soma de Saldo de Hh	332.5
Total Soma de Saldos ou débitos de Hh		569.0994	Soma de Saldo de Hh		8306,7
Modelo Proposto			Modelo Atual		

Esses dados são referentes a Tabela 8, que remete aos quatro meses de dados coletados o equivalente a 31 aviões estudados, corrobora-se então que o modelo atual gera um alto valor de Homem/hora além do necessário para a realização da montagem desses aviões 8.306,7 Hh, cerca de 270 Hh por avião.No modelo proposto esse número vem a ser aproximadamente 570 Homem/hora distribuídos para 31 aviões. Ao considerar que a taxa hora de montagem nesse hangar ficar em torno de U\$ 40,00 dolares o modelo atual gastou U\$ 332.268,00 dolares além do

necessário enquanto o no modelo proposto esse número cai para U\$ 22.800,00 dolares, apenas 6,7% do modelo atual.

Vale ressaltar que quando houver saldo de Hh de um determinado avião, deve-se puxar um novo avião para entrar na linha de montagem evitando assim ociosidade dessa mão-de-obra.

Enfim, o PCP da área deve estar alinhado com esse modelo para que a otimização do processo ocorra, ou seja, adequar o chão de fábrica ao modelo e maximizando os recursos da área para puxar um novo avião.

3.5. Avaliação/Julgamento

Com ajuda das tabelas já citadas no texto, pode-se fazer uma comparação entre o modelo atual que a empresa vem usando e o modelo proposto nesse estudo. Lembrando que essa análise será apenas para os quatro meses que foram coletados os dados para elaboração do modelo proposto.

Tabela 8 - Comparação entre os Modelos para o mês 1

Mês 1				
Aviões	Hh montagem	Método empresa		Método Proposto
		5365.9	Hh	5121.3 Hh
550	4862.7	503.2	Hh	258.6 Hh
551	4894.5	471.4	Hh	226.8 Hh
549	5365.9	0.0	Hh	-244.6 Hh
552	5231.0	134.9	Hh	-109.7 Hh
553	5049.4	316.5	Hh	71.9 Hh
554	5222.5	143.4	Hh	-101.2 Hh
555	5033.4	332.5	Hh	87.9 Hh
SOBRA DO MÊS		1901.9	Hh	190.0 Hh
Mão de Obra Ociosa		13,48 = 14		1,34 = 2

Tabela 9 - Comparação entre os Modelos para o mês 2

Mês 2

Aviões	Hh montagem	Método empresa	Método Proposto
		5066.6 Hh	4798.5 Hh
496	4791.2	275.4 Hh	7.3 Hh
527	4618.2	448.4 Hh	180.3 Hh
528	4619.7	446.9 Hh	178.8 Hh
529	4664.2	402.4 Hh	134.3 Hh
530	4922.6	144 Hh	-124.1 Hh
531	5066.6	0 Hh	-268.1 Hh
532	4633.6	433 Hh	164.9 Hh
SOBRA DO MÊS		2150.1 Hh	273.7 Hh
Mão de Obra Ociosa		15,2 = 16	1,9 = 2

Tabela 10 - Comparação entre os Modelos para o mês 3

Mês 3

Aviões	Hh montagem	Método empresa	Método Proposto
		4930.1 Hh	4807.919 Hh
525	4859.2	70.9 Hh	-51.2811 Hh
524	4684.7	245.4 Hh	123.2189 Hh
523	4649.1	281 Hh	158.8189 Hh
522	4785.2	144.9 Hh	22.71888 Hh
521	4930.1	0 Hh	-122.181 Hh
520	4663.2	266.9 Hh	144.7189 Hh
492	4881.7	48.4 Hh	-73.7811 Hh
SOBRA DO MÊS		1057.5 Hh	202.2 Hh
Mão de Obra Ociosa		7,5 = 8	1,44 = 2

Tabela 11 - Comparação entre os Modelos para o mês 4

Mês 4

Aviões	Hh montagem	Método empresa	Método Proposto
		5078.7 Hh	4749.29 Hh
533	4625.7	453 Hh	123.5903 Hh
535	4675.2	403.5 Hh	74.0903 Hh
536	4620.2	458.5 Hh	129.0903 Hh
537	5078.7	0 Hh	-329.41 Hh
538	4843.2	235.5 Hh	-93.9097 Hh
539	4673.2	405.5 Hh	76.0903 Hh
540	4944.1	134.6 Hh	-194.81 Hh
541	4479.2	599.5 Hh	270.0903 Hh
542	4654.1	424.6 Hh	95.1903 Hh
543	4996.2	82.5 Hh	-246.91 Hh
SOBRA DO MÊS		3197.2 Hh	-96.897 Hora extra
Mão de Obra Ociosa		22,67 = 23	

A tabela 9, 10, 11 ,12 referente ao mês 1,2,3,4 respectivamente mostra que pelo modelo atual da empresa existe um número de 1901.9 Homem/hora a mais que o necessário para a montagem dos aviões desse mês. Esse número equivale a 14 operadores além do necessário. Em contra partida o modelo proposto consegue reduzir esse número elevado de operadores a mais para 2 operadores extra apenas.

Tal fato permite melhor redistribuição dessa mão-de-obra, já que migra 2 funcionários para outra área é muito mais simples que migrar 14 funcionários. Além disso, a taxa ocupacional com o modelo atual ficará mais elevada, uma vez que, a ociosidade na área será reduzida com o novo modelo.

Essa análise é semelhante para os meses 2 e 3 representados nas respectiva Tabelas 10 e 11. No mês 4 não observa-se uma sobra de mão-de-obra como nos meses anteriores teve, porém nesse mês houve um déficit de operários o que pode ser sanado com a utilização de hora extra. Tem-se aproximadamente 97 horas extra para realização da montagem dos 10 , aviões, ou seja, 9,7 horas extra para cada avião referente ao mês 4, número esse extremamente pequeno ao se lembrar que o Kit de Horas para esse mês é de 4.749, 29 Homem/hora.

4 Considerações Finais

4.1. Verificação dos objetivos

O objetivo do trabalho foi alcançando com sucesso, já que após a análise e validação do modelo proposto conseguiu reduzir uma porcentagem de ociosidade da área, uma melhora do aproveitamento dos recursos do hangar aconteceu. Além disso, uma redução expressiva e uma confiabilidade maior na elaboração do kit de horas de montagem foi alcançada.

É necessário uma sinergia muito grande entre o modelo proposto e o pessoal do Planejamento Controle de Produção ao se fazer a puxada dos aviões que são montados com uma rapidez maior. Acontecendo esse alinhamento entre PCP e modelo proposto a implementação do mesmo fluirá naturalmente e poderá ser utilizado em outras áreas ou mesmo em outros programas, como a parte da aviação ,executiva, militar entre outras.

O modelo trás consigo benefícios expressivos para a otimização do processo e redução do custo de produção das aeronaves e deixa o sistema de manufatura mais enxuto com uma redução de desperdício de mão-de-obra, ociosidade do mesmo no chão de fábrica e facilita a questão de migrar o número de funcionários excedente, já que o kit de horas após o uso do modelo proposto nesse trabalho deixa o quadro de operadores mais enxuto, desta forma se por algum motivo contingencial acontecer mão-de-obra além do necessário, isso será mínimo e pode-se então transferir esses operários para uma outra área.

Pode-se apresentar nesse trabalho que a coleta dos dados foi efetiva, desde a identificação dos aviões selecionados para estudo até a coleta de informações relevantes ao processo, incluindo as definições conceitual-teóricas adotadas, que possibilitaram a definição do Kit de Horas para a montagem dos aviões. Esse trabalho, busca se beneficiar da variabilidade de produtos, trabalhando com *mix* de produção. Nesse modelo são gerados saldos e débitos de mão-de-obra propositalmente para poder usar o *mix* de produção como aliado. Em momentos em que teve o saldo de Homem/hora é o momento em que deve puxar um próximo avião diminuindo assim o lead time desse processo. Em ocasiões que gerou débito de Homem/hora, isso seria suprido pelo saldo de Homem/hora anterior a esse avião com débito.

Desta forma, a proposta do trabalho pode ser alcançada, e a partir do modelo proposto conseguiu-se caracterizar as possíveis respostas de diferentes Kits de Horas considerando as variações e incertezas do *MIX* de produção e do volume como foi apresentado.

4.2 Sugestões para trabalhos futuros

Tendo como base os resultados obtidos neste trabalho e buscando a implementação do modelo como uma alternativa para amortização ou resposta às variações e incertezas encontradas na manufatura dos aviões e ociosidade de mão-de-obra é importante focar no *MIX* de produção para saber aproveitar os recursos da área. Além disso, uma retroalimentação do modelo deve existir para que o mesmo permaneça adequado a situação da empresa, assim como foi executado neste trabalho. Outrossim, para futuros projetos seria interessante uma maior autonomia para coleta de dados, com um acesso mais ampla ao sistema para mitigar ou mesmo evitar um tempo de espera para ser informações. Outrossim, pode-se complementar esse estudo utilizando softwares de simulação como, por exemplo, Promodel ou Arena o que daria um entendimento melhor, visto que deixaria o trabalho mais visual e dinâmico.

REFERÊNCIAS

- ARENALES, M., ARMENTANO, V., MORABITO, R., YANASSE, H. Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro: Editora Campus-Elsevier, 2007.
- BENITES, T. A.; VALÉRIO, L.M. Competitividade – **Uma abordagem do ponto de vista teórico**, 2004. Disponível em< <http://www.ufms.br>> Acesso em: Novembro, 2012.
- BERTRAND, J. W. M. & FRANSOO, J. C. **Modelling and Simulation: operations management research methodologies using quantitative modeling**. International Journal of Operations & Production Management, v.22, n.2, p.241-264, 2002.
- BOKCHIN, J.; DAR-EL, E. M. & RUBINOVITZ, J. **Mixed model assembly line design in a make-to-order environment**. Computers & Industrial Engineering, n° 41, p. 405-421, 2002.
- BRITO, A.J.; **A INTELIGÊNCIA DA PRODUÇÃO ENXUTA**, 2001. Disponível em< www.ead.fea.usp.br> Acesso em: novembro 2012.
- EREL, E. & GOKCEN, H. **A goal programming approach to mixed-model assembly line balancing problem**. International Journal of Production Economics, n°48, p.177-185, 1997.
- GERHARDT, M. P.; FOGLIATTO, F. S. **Otimização do balanceamento de linhas de montagem multi-modelo para produção em pequenos lotes**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 03, 2004, Florianópolis, (SC). **Anais...** Florianópolis.
- GERHARDT, M. P. & FOGLIATTO, F.S. **Balanceamento de linhas de montagem multi-modelos**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 03, 2004, Foz do Iguaçu (PR). **Anais...**Foz do Iguaçu.

GIESTA, L. C. & MAÇADA, A. G . C. **ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA (SPE) NA PERCEPÇÃO DOS FUNCIONÁRIOS: O CASO DE UMA EMPRESA DE TRATORES E RETROESCAVADEIRAS,**

2001.Disponível em<<http://www.ea.ufrgs.br/professores/acgmacada/PUBS/SPE.PDF>> Acesso em: Novembro 2012

GOMES, I. M. C.; MORAIS, J .O .M. & JUNIOR, F. A. B. **ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE EMPRESA DE REFRIGERANTES ATRAVÉS DE PREVISÃO DE DEMANDA BASEADA EM SÉRIES TEMPORAIS.** In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO,10,2011, Belo Horizonte(MG).

PICANCO, A. S. R.; FRANCA, F. A. S.; CRUZ, L. F. D.; SANTOS, L.F.; **ESTUDO DE PADRONIZAÇÃO E DEFINIÇÃO DA CAPACIDADE PRODUTIVA DE UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS VISANDO UM CONTROLE MAIS EFICIENTE DO PROCESSO PRODUTIVO.** In:

XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial,10,2011, Belo Horizonte(MG).

LIBRELATO, T. P. & MENEZES, L.; VACCARO, G. R. L.; **GESTÃO DA CAPACIDADE E DEMAN-DA: UM ESTUDO DE CASO UTILIZAN-DO UM MODELO ESTATÍSTICO MUL-TIVARIADO.**In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial,10,2011, Belo Horizonte(MG).

RENÓ, G. W. S.; DINIZ, C. P.; BERKENBROCK , T.; **AUMENTO DA PRODUTIVIDADE ATRAVÉS DO BALANCEAMENTO DAS ATIVIDADES DOS OPERADORES APLICANDO A METODOLOGIA KAIZEN NO CHÃO DE FÁBRICA.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 12, 2010,São Carlos (SP). **Anais...** São Carlos.

RODRIGUES, P. C. C.; OLIVEIRA, O.J. **Modelos de gestão de estoques intermediários no processo de fabricação.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Florianópolis, (SC). **Anais...** Florianópolis.

SANTORO, M. C.; FONSECA, R. S. C. **Software para balanceamento de linhas.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29, 2005, Porto Alegre (RS). **Anais...** Porto Alegre

SCATTOLINI, R; LAURINDO, F. J. B & CARVALHO, M.M **Análise da Implementação do *Balanced Scorecard* -apresentação de um estudo de caso.** In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29, 2005, Porto Alegre (RS). **Anais...** Porto Alegre.

SERGIO, L. D. C. & DUARTE, A. C. M. L.; **COMPETINDO EM TEMPO E FLEXIBILIDADE**, CASOS DE EMPRESAS BRASILEIRAS, 2001. Disponível em
<<http://www.eaesp.fgvsp.br/AppData/Article/competindo.pdf>> Acesso em: Novembro 2012.